

rching

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-155372  
 (43)Date of publication of application : 06.06.2000

)Int.Cl.

G03B 21/00  
 G02F 1/1335  
 H04N 5/74

)Application number : 10-329156  
 )Date of filing : 19.11.1998

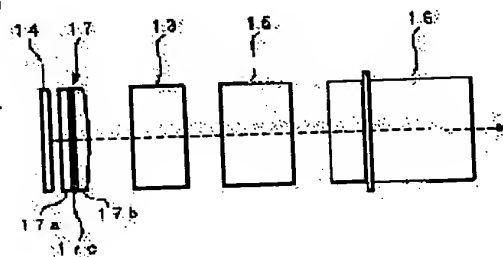
(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD  
 (72)Inventor : ISHIZAKA YASUO

## ) PROJECTOR DEVICE

)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projector device capable of correcting the chromatic aberration of magnification of a projection lens inexpensively.

SOLUTION: A wavelength plate 17 for improving contrast is arranged between a liquid crystal element 14 being as the image forming element and a projection lens 16. The plate 17 is constituted by interposing a wavelength film 17 between two sandwich glasses 17a and 17b. Besides, glass 17b is provided with curvature so as to function as a convex lens. By this convex lens, the chromatic aberration of magnification of the lens is corrected.



## GAL STATUS

ate of request for examination] 28.03.2001  
 ate of sending the examiner's decision of rejection]  
 ind of final disposal of application other than the  
 aminer's decision of rejection or application converted  
 gistration]  
 ate of final disposal for application]  
 atent number] 3365618  
 ate of registration] 01.11.2002  
 umber of appeal against examiner's decision of  
 ection]  
 ate of requesting appeal against examiner's decision of  
 ection]  
 ate of extinction of right]

NOTICES \*

Japanese Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

\*\*\* shows the word which can not be translated.

In the drawings, any words are not translated.

---

## AIMS

aim(s)]

aim 1] Projector equipment characterized by having arranged the convex lens for amending the chromatic aberration magnification of said projector lens between at least one image formation component in said two or more image formation components, and said projector lens in projector equipment equipped with one projector lens projected after compounding the light from two or more image formation component and two or more of these image formation components.

aim 2] Said wavelength film [ in / it has the wavelength plate constituted from glass of two sheets on both sides of wavelength film between said image formation components and said projector lenses, and / one / at least / glass of said glass of two sheets ] is projector equipment according to claim 1 characterized by considering as said convex lens making the field of the opposite side into a convex.

---

translation done.]

OTICES \*

an Patent Office is not responsible for any  
ages caused by the use of this translation.

his document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
\*\*\* shows the word which can not be translated.  
the drawings, any words are not translated.

## TAILED DESCRIPTION

ailed Description of the Invention]

01] eld of the Invention] This invention relates to the projector equipment which used two or more image formation  
nponents, and relates to the projector equipment which can amend the chromatic aberration of magnification of a  
jector lens especially.

02] escription of the Prior Art] Projector equipment using the liquid crystal device of the transparency mold of 3 plate  
e or a reflective mold as an example of the projector equipment using two or more image formation components is  
own. With this kind of projector equipment, it has one projector lens, and either blue or the red of the chromatic  
rration of magnification of that projector lens is comparatively large. Generally, the chromatic aberration of  
gnification of a projector lens is about dozens of% of magnitude of the pixel pitch in a liquid crystal device.  
erefore, the blue chromatic aberration of magnification considers a projector lens as a large design, and it is common  
mend the blue chromatic aberration of magnification by the approach called back focus \*\*\*\*\* shown below using  
property of the projector lens which is not a tele cent rucksack.

03] In drawing 5, incidence of the light which carried out outgoing radiation from the liquid crystal device 100  
ich is an image formation component is carried out to a projector lens 200. The light (blue light) on which it was  
ected with the projector lens 200 is projected on a screen 300. It is the focus optimal [ on a screen 300 ] at P points.  
liquid crystal device 100 is shifted to the location shown with a broken line slightly (about 0.1-0.4mm) in this  
dition, the image of P points will move to P' point virtually. On a screen 300, P" of P' points will be displayed at a  
nt. By this approach, although resolution (focus) falls a little, an image becomes large slightly and the chromatic  
rration of magnification is amended.

04] oblem(s) to be Solved by the Invention] The amendment approach of this conventional chromatic aberration of  
gnification has the following troubles besides the evil in which resolution falls. When a dichroic prism performs red,  
en, and a blue color composition system, generally the dichroic mirror in prism has a large wavelength shift. That is,  
he incident angle of light is changed, cut-off wavelength will shift. For example, the include angles of the flux of  
ht and the dichroic mirror which carried out outgoing radiation from the screen upper part and the bottom of screen in  
iquid crystal device 100 to make differ, and it becomes the cause of color shading on a screen.

05] Although the design of projector lens 200 the very thing can also amend the chromatic aberration of  
gnification, in order to amend the chromatic aberration of magnification by projector lens 200 the very thing, it is  
ecessary to use an expensive glass ingredient, and the cost of a projector lens 200 goes up. Then, projector equipment  
not be offered cheaply. when a liquid crystal device 100 serves as high resolution more especially, the permission  
romatic aberration of magnification of a projector lens 200 needs to consider as smallness extremely, and the cost of a  
jector lens 200 will be boiled markedly and will go up.

06] This invention is made in view of such a trouble, and it aims at offering the projector equipment which can  
mend the chromatic aberration of magnification of a projector lens cheaply.

07] eans for Solving the Problem] In order that this invention may solve the technical problem of a Prior art mentioned  
ove, two or more image formation components (14R, 14G, 14B), In projector equipment equipped with one projector  
is (16) projected after compounding the light from two or more of these image formation components The projector  
quipment characterized by having arranged the convex lens (17b) for amending the chromatic aberration of  
gnification of said projector lens between at least one image formation component in said two or more image

mation components and said projector lens is offered.

008]

embodiment of the Invention] Hereafter, the projector equipment of this invention is explained with reference to an accompanying drawing. Drawing in which drawing 1 shows the fundamental configuration of the projector equipment of this invention, drawing 2 - drawing 4 are the perspective views showing an example of the detailed configuration of the projector equipment of this invention.

009] First, the fundamental configuration of the projector equipment of this invention is explained using drawing 1. drawing 1 shows one color channel of the projector equipment which used the liquid crystal device of a reflective mold an example. In drawing 1, the light (a broken line illustrates) reflected by the liquid crystal device 14 carries out sequential passage of the wavelength plate 17 for improving contrast, a polarization beam splitter 13, the crossover dichroic prism 15, and the projector lens 16, and is projected on the screen which is not illustrated.

010] The description of the projector equipment of this invention amends the chromatic aberration of magnification of projector lens 16 to red, green, and at least one blue channel by arranging a convex lens between a liquid crystal device 14 and a projector lens 16. Although the independent convex lens may be prepared between a liquid crystal device 14 and a projector lens 16, it constitutes from this example as follows as a desirable operation gestalt which can be realized most cheaply.

011] As shown in drawing 1, the wavelength plate 17 has composition pasted up on both sides of wavelength film 17c with the sandwich glass 17a and 17b of two sheets. And in this example, in a liquid crystal device 14, curvature is given to the field of the opposite side and this acts as a convex lens with wavelength film 17c of sandwich glass 17b of the opposite side. The wavelength plate 17 which has sandwich glass 17b which gave curvature to the red channel and the blue channel and was used as the convex lens as a desirable operation gestalt is formed.

012] In addition, curvature may be given to the field of the opposite side with wavelength film 17c of sandwich glass 17a, and curvature may be given to the field of the opposite side with wavelength film 17c of both sandwich glass 17a and 17b. However, it is more effective to have given curvature to sandwich glass 17b of the side separated from the liquid crystal device 14, and to use sandwich glass 17b as a convex lens.

013] As one example, the radius of curvature  $r$  and focal distance  $f$  of sandwich glass 17b are as follows.  
red channel: The radius of curvature  $r$  and focal distance  $f$  of  $r=2451\text{mm}$ ,  $f=5346\text{mm}$   
blue channel:  $r=4518\text{mm}$ , and  $f=54\text{mm}$   
sandwich glass 17b are not limited to this example, for example, are suitably chosen in  $r=1000\text{-}7000\text{mm}$  and  $f=2182\text{-}15267\text{mm}$ .

014] An example of the detailed configuration of the projector equipment of this invention equipped with the above configuration is explained. Drawing 2 - drawing 4 are drawings which looked at the projector equipment of this invention from the slanting upper part and slanting side and a slanting lower part, respectively. In drawing 2 - drawing 4 it is shown that R, G, and B which were given to the part number are the components of a red channel, green channel, and blue channel, respectively.

015] In drawing 2 - drawing 4, the white light emitted from the light source 1 is made the read-out light of uniform illumination distribution from which infrared light was removed by a collimator lens 2, integrators 3 and 4, and the cold mirror 5. Incidence of the white light which carried out outgoing radiation from the cold mirror 5 is carried out to a dichroic mirror 6. Magenta light (blue light + red sunset) is penetrated as it is among the white light, it reflects by reflective mirror 7G, and incidence of the \*\*\*\* is carried out to condenser lens 11G.

016] Incidence of the Magenta light which penetrated the dichroic mirror 6 is carried out to a dichroic mirror 8. Red sunset penetrates a dichroic mirror 8 among the Magenta light, it reflects with a dichroic mirror 8 and incidence of the red light is carried out to condenser lens 11B. By the correcting lens 9, 9' and the dichroic mirror 10, and 10', an optical path is bent, it reflects by reflective mirror 7R, and incidence of the red sunset which penetrated the dichroic mirror 8 is carried out to condenser lens 11R.

017] It polarizes by polarization beam splitters 12R, 12G, and 12B, and reflects by polarization beam splitters 13R, 13G, and 13B, and incidence of the three colors which passed condenser lenses 11R-11B is carried out to liquid crystal devices 14R, 14G, and 14B. In addition, the polarization beam splitter 13 in drawing 1 is the generic name of polarization beam splitters 13R, 13G, and 13B, and the liquid crystal device 14 in drawing 1 is the generic name of liquid crystal devices 14R, 14G, and 14B.

018] Three colors reflected by liquid crystal devices 14R, 14G, and 14B penetrate polarization beam splitters 13R, 13G, and 13B, and incidence of them is carried out to the crossover dichroic prism 15, and they are compounded. Between liquid crystal devices 14R, 14G, and 14B and polarization beam splitters 13R, 13G, and 13B, the wavelength plates 17R, 17G, and 17B for improving contrast are arranged. In addition, the wavelength plate 17 in drawing 1 is the generic name of wavelength plates 17R, 17G, and 17B. Among these wavelength plates 17R, 17G, and 17B, the

wavelength plate 17 of at least one channel amends the chromatic aberration of magnification by giving curvature to sandwich glass 17b and making it act as a convex lens, as drawing 1 explained.

[19] Incidence of the light which carried out outgoing radiation from the crossover dichroic prism 15 is carried out to projector lens 16, and it is projected on the screen which is not illustrated. In addition, this invention may be projector equipment using the liquid crystal device of not only projector equipment but a transparency mold which used the liquid crystal device of a reflective mold. Moreover, an image formation component is not limited to a liquid crystal device.

[20] Effect of the Invention] As explained to the detail above, since the projector equipment of this invention has arranged a convex lens for amending the chromatic aberration of magnification of a projector lens between at least one image formation component in two or more image formation components, and projector lens, it can amend the chromatic aberration of magnification cheaply. Therefore, a registration property with good two or more colors can be acquired. Furthermore, it has the wavelength plate constituted from glass of two sheets on both sides of the wavelength film, and in the wavelength film in one [ at least ] glass of this glass of two sheets, if a convex lens is constituted by making the side of the opposite side into a convex, it is not necessary to prepare the convex lens of a product an exception, and it will become possible to amend the chromatic aberration of magnification still more cheaply.

---

[translation done.]

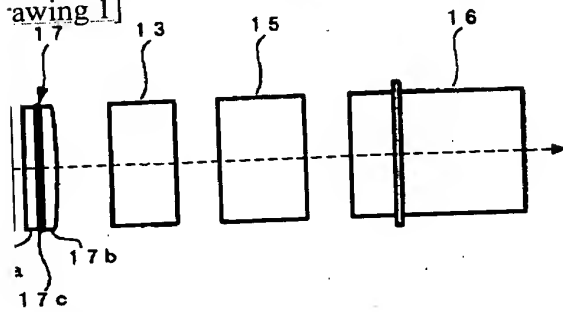
NOTICES \*

Japanese Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

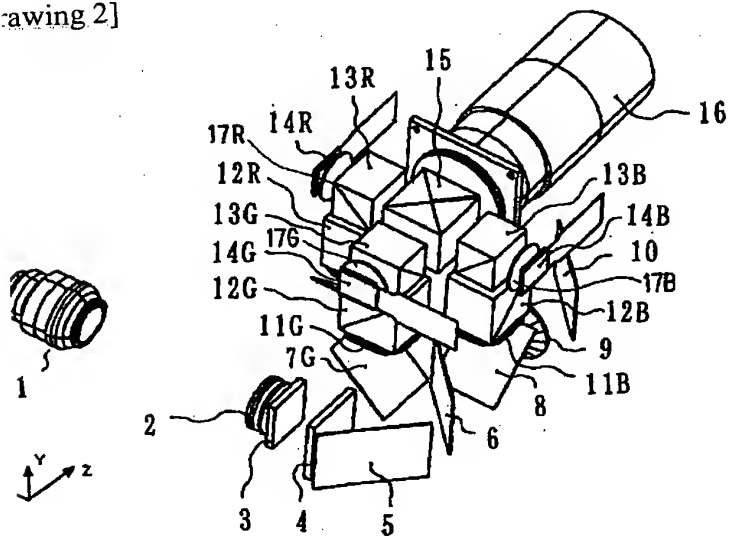
This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
 \*\*\* shows the word which can not be translated.  
 In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

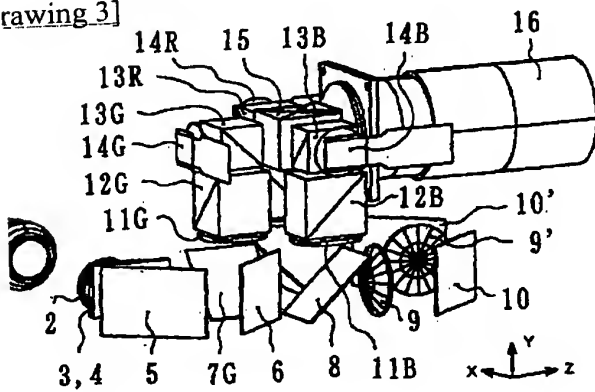
Drawing 1]



Drawing 2]



Drawing 3]



Drawing 4]

[http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran\\_web.cgi\\_ejje](http://www4.ipdl.jpo.go.jp/cgi-bin/tran_web.cgi_ejje)

7/1/2004-

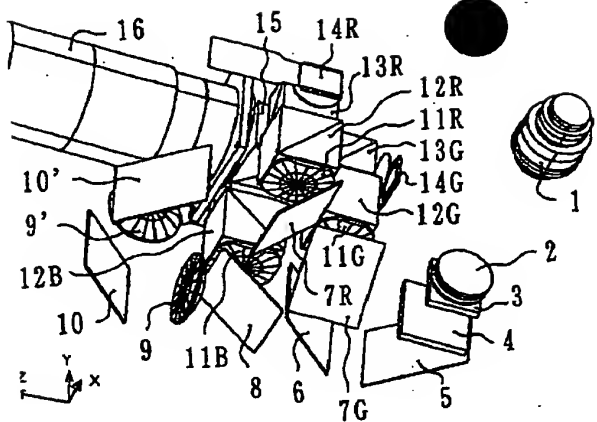
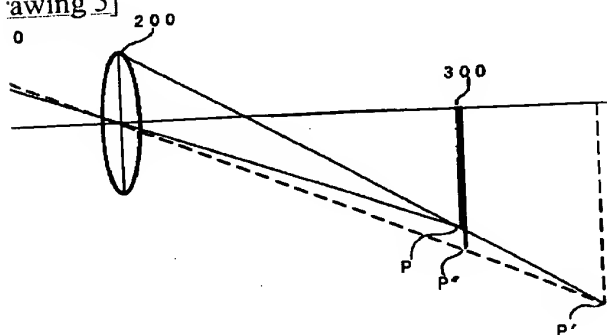


Figure 5]



translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-155372  
(P2000-155372A)

(43) 公開日 平成12年6月6日 (2000.6.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	D 2 H 0 9 1
G 0 2 F 1/1335	5 3 0	G 0 2 F 1/1335	5 3 0 5 C 0 5 8
H 0 4 N 5/74		H 0 4 N 5/74	A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-329156

(22) 出願日 平成10年11月19日 (1998. 11. 19)

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地

(72) 発明者 石坂 安雄

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

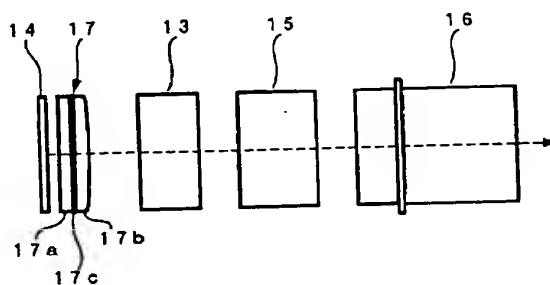
Fターム(参考) 2H091 FA05X FA10X FA11X FA26X  
FA41X FD01 FD06 FD24  
LA15 LA16 LA17 LA20 MA07  
5C058 AB06 EA11 EA12 EA26

(54) 【発明の名称】 プロジェクタ装置

(57) 【要約】

【課題】 投射レンズの倍率色収差を安価に補正することができるプロジェクタ装置を提供する。

【解決手段】 像形成素子として液晶素子14と、1つの投射レンズ16との間に、コントラストを改善するための波長板17を備える。波長板17は、波長フィルム17cを2枚のサンドイッチガラス17a、17bで挟んだ構成であり、サンドイッチガラス17bに曲率を持たせてあり、これが、凸レンズとして作用する。この凸レンズによって投射レンズ16の倍率色収差を補正する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の像形成素子と、この複数の像形成素子からの光を合成した後に投射する 1 つの投射レンズとを備えるプロジェクタ装置において、前記複数の像形成素子の内の少なくとも 1 つの像形成素子と前記投射レンズとの間に、前記投射レンズの倍率色収差を補正するための凸レンズを配置したことを特徴とするプロジェクタ装置。

【請求項 2】前記像形成素子と前記投射レンズとの間に、波長フィルムを 2 枚のガラスにて挟んで構成した波長板を備え、前記 2 枚のガラスの少なくとも一方のガラスにおける前記波長フィルムとは反対側の面を凸面とすることにより、前記凸レンズとしたことを特徴とする請求項 1 記載のプロジェクタ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の像形成素子を用いたプロジェクタ装置に係り、特に、投射レンズの倍率色収差を補正することができるプロジェクタ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】複数の像形成素子を用いたプロジェクタ装置の一例として、3 板式の透過型や反射型の液晶素子を用いたプロジェクタ装置が知られている。この種のプロジェクタ装置では、1 つの投射レンズを備えており、その投射レンズの倍率色収差は、青もしくは赤のいずれかが比較的大きい。一般的に、投射レンズの倍率色収差は、液晶素子における画素ピッチの数％程度の大きさである。そのため、投射レンズを、青の倍率色収差が大きい設計とし、テレセントリックではない投射レンズの性質を利用して、以下に示すバックフォーカスずらしと称される方法によって、青色の倍率色収差を補正するのが一般的である。

【0003】図 5 において、像形成素子である液晶素子 100 より出射した光は投射レンズ 200 に入射される。投射レンズ 200 によって投射された光（青光）はスクリーン 300 に投影される。スクリーン 300 上の P 点で最適なフォーカスとなっている。この状態で、液晶素子 100 を破線で示す位置へとわずかに（0.1～0.4 mm 程度）ずらすと、P 点の像は P' 点へと仮想的に移動する。スクリーン 300 上では、P' 点は P'' 点で表示されることになる。この方法では、解像度（ピント）が若干低下するが、像がわずかに大きくなり、倍率色収差が補正される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この従来の倍率色収差の補正方法は、解像度が低下するという弊害の他、次のような問題点がある。赤、緑、青の色合成系をダイクロイックプリズムで行う場合、プリズム内のダイクロイックミラーは一般的に波長シフトが大きい。即ち、光の入

射角を変えると、カットオフ波長がずれる。例えば、液晶素子 100 における画面上部と画面下部から出射した光束とダイクロイックミラーとのなす角度が異なり、画面上で色シェーディングの原因となる。

【0005】倍率色収差を投射レンズ 200 自体の設計によって補正することもできるが、投射レンズ 200 自体で倍率色収差を補正するには、高価なガラス材料を使用する必要があり、投射レンズ 200 のコストが上昇する。すると、プロジェクタ装置を安価に提供することができない。特に、液晶素子 100 がより高解像度となると、投射レンズ 200 の許容倍率色収差は極めて小とする必要があり、投射レンズ 200 のコストは格段に上昇することになる。

【0006】本発明はこのような問題点を鑑みなされたものであり、投射レンズの倍率色収差を安価に補正することができるプロジェクタ装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述した従来の技術の課題を解決するため、複数の像形成素子（14 R、14 G、14 B）と、この複数の像形成素子からの光を合成した後に投射する 1 つの投射レンズ（16）とを備えるプロジェクタ装置において、前記複数の像形成素子の内の少なくとも 1 つの像形成素子と前記投射レンズとの間に、前記投射レンズの倍率色収差を補正するための凸レンズ（17 b）を配置したことを特徴とするプロジェクタ装置を提供するものである。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明のプロジェクタ装置について、添付図面を参照して説明する。図 1 は本発明のプロジェクタ装置の基本的な構成を示す図、図 2～図 4 は本発明のプロジェクタ装置の詳細な構成の一例を示す斜視図である。

【0009】まず、図 1 を用いて本発明のプロジェクタ装置の基本的な構成について説明する。図 1 は、一例として反射型の液晶素子を用いたプロジェクタ装置の 1 つの色チャンネルを示したものである。図 1 において、液晶素子 14 で反射した光（破線で図示）は、コントラストを改善するための波長板 17、偏光ビームスプリッタ 13、交差型ダイクロイックプリズム 15、投射レンズ 16 を順次通過し、図示していないスクリーンに投影される。

【0010】本発明のプロジェクタ装置の特徴は、赤、緑、青の少なくとも 1 つのチャンネルに対し、液晶素子 14 と投射レンズ 16 との間に、凸レンズを配置することにより、投射レンズ 16 の倍率色収差を補正するものである。液晶素子 14 と投射レンズ 16 との間に、独立した凸レンズを設けてもよいが、本実施例では、最も安価に実現することができる好ましい実施形態として、次のように構成している。

【0011】図1に示すように、波長板17は、波長フィルム17cを2枚のサンドイッチガラス17a、17bで挟んで接着した構成となっている。そして、本実施例では、液晶素子14とは反対側のサンドイッチガラス17bの波長フィルム17cとは反対側の面に曲率を持たせてあり、これが、凸レンズとして作用する。好ましい実施形態として、赤チャンネルと青チャンネルに曲率を持たせて凸レンズとしたサンドイッチガラス17bを有する波長板17を設ける。

【0012】なお、サンドイッチガラス17aの波長フィルム17cとは反対側の面に曲率を持たせてもよいし、サンドイッチガラス17a、17b双方の波長フィルム17cとは反対側の面に曲率を持たせてもよい。但し、液晶素子14より離れた側のサンドイッチガラス17bに曲率を持たせて、サンドイッチガラス17bを凸レンズとした方が効果的である。

【0013】一実施例として、サンドイッチガラス17bの曲率半径 $r$ と焦点距離 $f$ は以下の通りである。

赤チャンネル： $r=2451\text{mm}$ 、 $f=5346\text{mm}$

青チャンネル： $r=4518\text{mm}$ 、 $f=9854\text{mm}$

サンドイッチガラス17bの曲率半径 $r$ と焦点距離 $f$ は、この実施例に限定されず、例えば、 $r=1000\sim7000\text{mm}$ 、 $f=2182\sim15267\text{mm}$ の範囲で適宜に選択される。

【0014】以上の構成を備えた本発明のプロジェクタ装置の詳細な構成の一例について説明する。図2～図4は、それぞれ、本発明のプロジェクタ装置を斜め上方、斜め側方、斜め下方より見た図である。図2～図4において、部品番号に付したR、G、Bはそれぞれ赤チャンネル、緑チャンネル、青チャンネルの部品であることを示している。

【0015】図2～図4において、光源1から発した白色光はコリメータレンズ2とインテグレータ3、4とコールドミラー5によって、赤外光が除去された均一な照度分布の読み出し光とされる。コールドミラー5より射出した白色光は、ダイクロイックミラー6に入射する。その白色光の内、マゼンタ光（青光+赤光）をそのまま透過し、緑光は反射ミラー7Gで反射して集光レンズ11Gに入射する。

【0016】ダイクロイックミラー6を透過したマゼンタ光は、ダイクロイックミラー8に入射する。そのマゼンタ光の内、赤光はダイクロイックミラー8を透過し、青光はダイクロイックミラー8で反射して集光レンズ11Bに入射する。ダイクロイックミラー8を透過した赤光は、補正レンズ9、9'及びダイクロイックミラー10、10'によって光軸が曲げられ、反射ミラー7Rで反射して集光レンズ11Rに入射する。

【0017】集光レンズ11R～11Bを通過した3色は、偏光ビームスプリッタ12R、12G、12Bによって偏光され、偏光ビームスプリッタ13R、13G、

13Bで反射し、液晶素子14R、14G、14Bに入射する。なお、図1中の偏光ビームスプリッタ13は、偏光ビームスプリッタ13R、13G、13Bの総称であり、図1中の液晶素子14は、液晶素子14R、14G、14Bの総称である。

【0018】液晶素子14R、14G、14Bで反射した3色は、偏光ビームスプリッタ13R、13G、13Bを透過し、交差型ダイクロイックプリズム15に入射して合成される。液晶素子14R、14G、14Bと偏光ビームスプリッタ13R、13G、13Bとの間には、コントラストを改善するための波長板17R、17G、17Bが配置されている。なお、図1中の波長板17は、波長板17R、17G、17Bの総称である。この波長板17R、17G、17Bの内、少なくとも1つのチャンネルの波長板17は、図1で説明したように、例えばサンドイッチガラス17bに曲率を持たせて凸レンズとして作用させることにより、倍率色収差を補正する。

【0019】交差型ダイクロイックプリズム15より射出した光は、投射レンズ16に入射し、図示していないスクリーンに投影される。なお、本発明は、反射型の液晶素子を用いたプロジェクタ装置だけでなく、透過型の液晶素子を用いたプロジェクタ装置であってもよい。また、像形成素子は液晶素子に限定されない。

【0020】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明のプロジェクタ装置は、複数の像形成素子の内の少なくとも1つの像形成素子と投射レンズとの間に、投射レンズの倍率色収差を補正するための凸レンズを配置したので、倍率色収差を安価に補正することができる。よって、複数色の良好なレジストレーション特性を得ることができる。さらに、波長フィルムを2枚のガラスにて挟んで構成した波長板を備え、この2枚のガラスの少なくとも一方のガラスにおける波長フィルムとは反対側の面を凸面とすることにより凸レンズを構成すると、別製品の凸レンズを設ける必要がなく、さらに安価に倍率色収差を補正することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の基本的な構成を示す図である。

【図2】本発明の詳細な構成の一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の詳細な構成の一例を示す斜視図である。

【図4】本発明の詳細な構成の一例を示す斜視図である。

【図5】従来の倍率色収差の補正方法を説明するための図である。

【符号の説明】

13、13R、13G、13Bで 偏光ビームスプリッ

タ

5

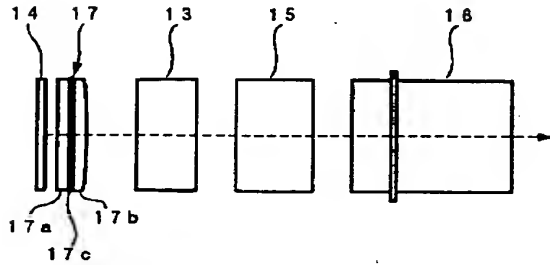
6

14, 14R, 14G, 14B 液晶素子 (像形成素子)  
 15 交差型ダイクロイックプリズム  
 16 投射レンズ

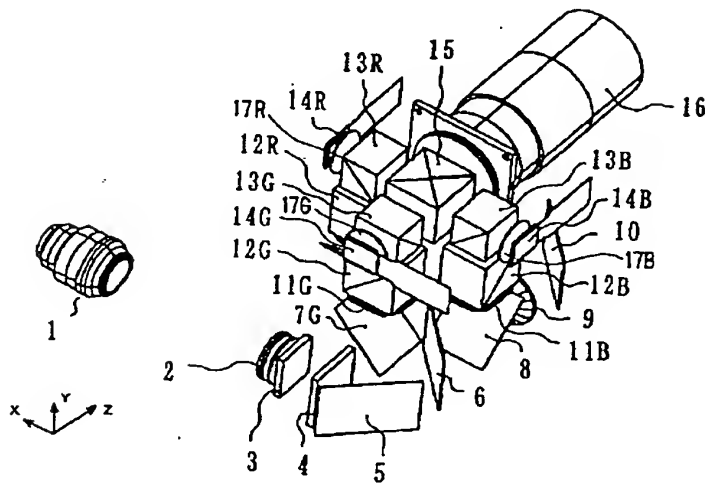
\* 17, 17R, 17G, 17B 波長板  
 17a, 17b サンドイッチガラス (凸レンズ)  
 17c 波長フィルム

\*

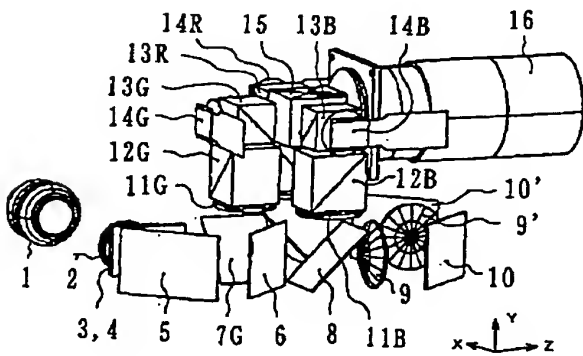
【図1】



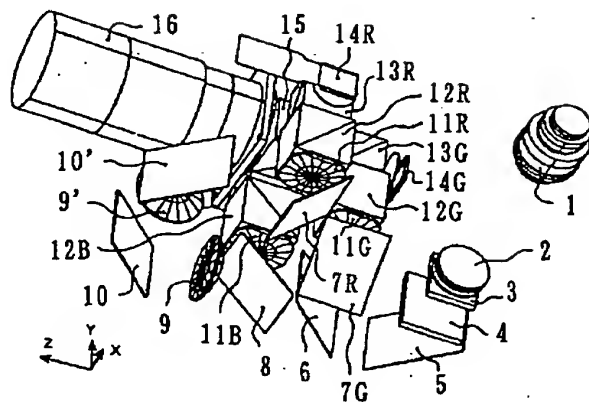
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

